

画像

画像技術の専門誌

ラボ

特集

今、注目される
CCDカメラと
画像関連ボードの接続ガイド

2000



September
Vol.11 No.9

DALSA

CCD Image Capture Technology

超高感度カメラ

ECLIPSE SERIES

CTC

Challenging Tomorrow's Changes

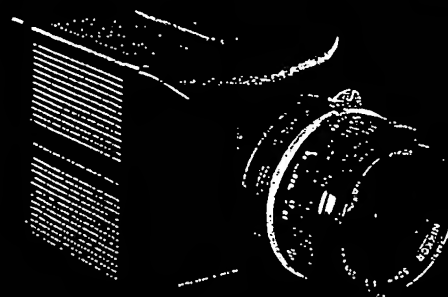
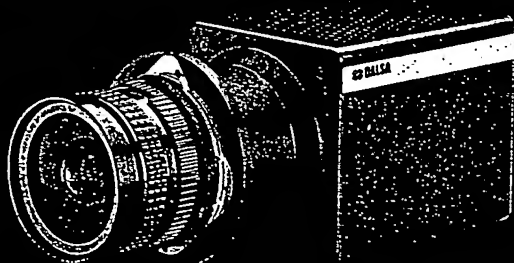
超高解像度カメラ

CL/CI-P4 SERIES

NEW LINE UP

高速フレームレート

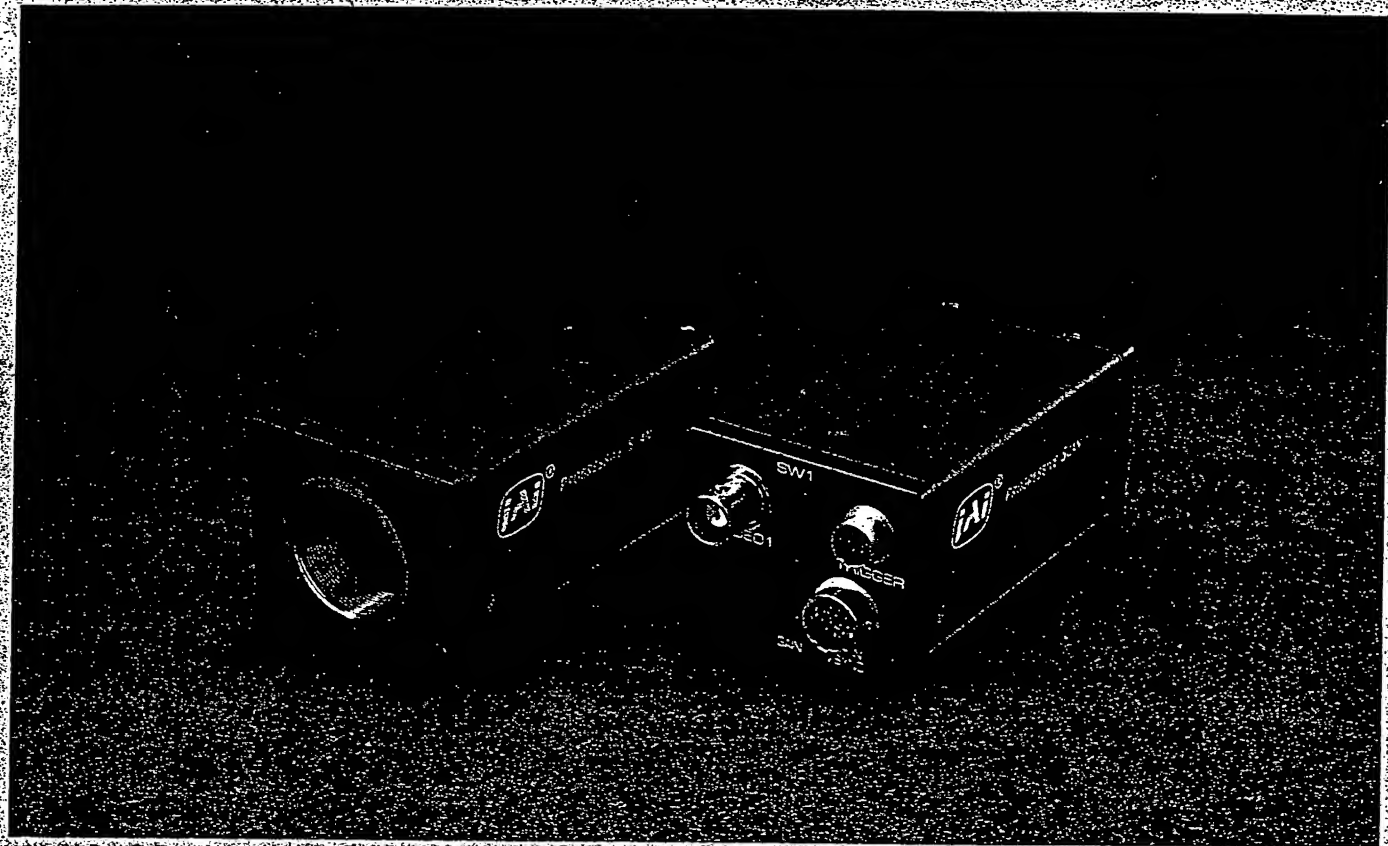
SMD CAMERA SERIES



伊藤忠テクノサイエンス

CV-M40

Double Speed Progressive Scan Monochrome Camera



- ① 2 インターライントランスファークーラーCCD (有効33万画素)
- 画素サイズ 9.9μm × 9.9μm (正方格子)
- 1/60 (秒) フルフレーム読み出し
- 1/120 (秒) フレームレート読み出し
- 部分読み出し機能搭載
- ランダムトリガモード搭載
- RS-232Cにより外部コントロール可能
- 画像処理、画像計測のタクトタイム短縮に最適

株式会社 ジェイエアイ コーポレーション
〒226-0006 神奈川県横浜市緑区白山1-18-2 G.I.T.C
TEL 045-933-5400 FAX 045-931-6142
<http://www.jai-corp.co.jp>



THE MECHADEMIC COMPANY

類似画像検索における 検索結果の可視化インタフェース 可視化軸としてキーワードを用いる方法

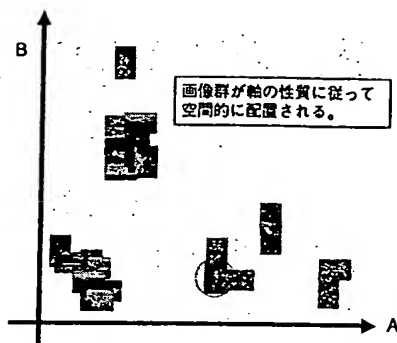
(株)日立製作所
武者 義則・広池 敦

方向特徴量は、輝度画像の画素において明暗の移り変わる方向を8方向に量子化して、各画素を該当箇所へ投票しベクトル要素を構成する。更に、画像を空間的に16分割し、また解像度を4段階に分けた上で特徴抽出し、色特徴量は1024次元、微分方向特徴量は512次元を得た。実際には、高速化のために主成分分析で圧縮して用いた。

可視化システム

本稿での可視化とは、画像をその性質に従って空間的に配置することによる画像群の表現化である。データ自身の性質が画像の見えとして現れていることを積極的に利用しており、画像間の性質の直感的な理解を促すと考えられる。第2図は、画像群の可視化を示している。各画像はX軸のAとY軸のBの性質に従って配置され、画像群が散布図表現される。このA及びBに、本システムではキーワードを用いる。しかも前述のように、画像の見えに従って空間配置するためには、軸に選ばれるキーワードは画像の見えを反映していることが望ましい。そこで我々は、画像にキーワードを付与する適切さ(キーワード適合性)を画像特徴量から推定し、それを座標として画像を配置することにした。

キーワード適合性を推定するためには、あらかじめ画像特徴量とキーワードの対応関係を学習しておく必要がある。そのため、可視化軸として使われるキーワードとして、ユーザの入力する任意のものが使える訳ではない。しかし、学習したキーワードが数千個にもなると、その中からユーザが望むキーワードを選択することも困難となってくる。そこで、本システムでは、類似画像検索により出力された画像群を効果的に可視化表現するという観点に立ち、そのようなキーワード候補をユーザへ提供して、キーワード選択を容易にする方法を採用した。これは、画像群内の見えの違いをキーワードで表



第2図 画像群の可視化
(samples : ©2000 PhotoDisc, Inc.)

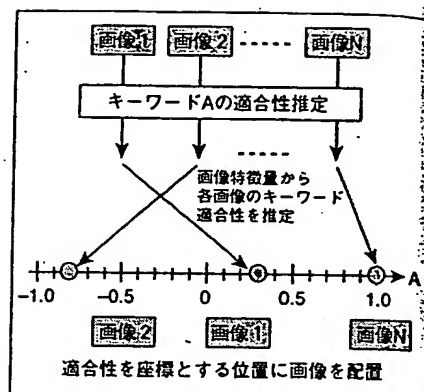
現する機能とも言える。同様に、画像群全体を表現するキーワードをユーザへ提示する機能も考えられ、ユーザの検索結果に対する理解を促すことが期待される。

以上のような機能は、検索結果である画像群が、決定する度に実行される必要がある。更に、ユーザインタフェースとして軽快なレスポンスを維持しつつ、検索から結果出力までの間に、これらの機能の計算が終了するためには、キーワード適合性の推定に高い高速性が要求される。そこで、我々はキーワードの適合性推定に、線形計算のため高速処理が可能な重回帰分析を採用した。

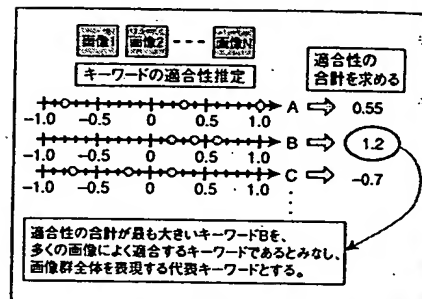
まとめると、本システムは、(I) 画像のキーワード適合性の推定(第3図)、(II) 任意の画像群全体を表現するキーワード(代表キーワード)の推定(第4図)、(III) 任意の画像群内の違いを表現するキーワード(可視化キーワード)の推定(第5図)の3機能を持つ。(I)は画像の可視化に使用され、(II)(III)はユーザへ画像群を特徴付けるキーワードを提供するのに使用される。特に(III)は可視化軸に設定するキーワードをユーザへ提供するための機能である。

3つの推定機能の計算式

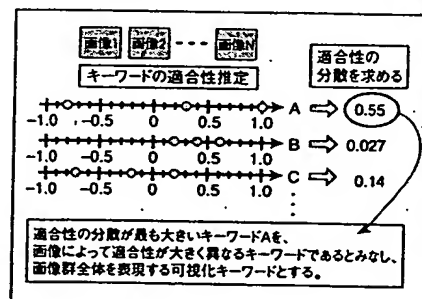
重回帰分析によるキーワード適合性の推定(I)は、式(1)のような線形計算となる。偏回帰係数 b_0 、 b_k はあらかじめ画像



第3図 (I) キーワード適合性の推定



第4図 (II) 代表キーワードの推定



第5図 (III) 可視化キーワードの推定

$$\text{キーワード適合性の推定 } \hat{y}_i = b_0 + \sum_{k=1}^p b_k x_{ik} \quad \dots(1)$$

\hat{y}_i は1画像に対する、あるキーワード適合性の推定値

x_{ik} は画像*i*に対する特徴量の*k*番目の要素

b_k は偏回帰係数で、 b_0 と共にあらかじめ作成

$$\text{キーワード適合性の平均値 } \bar{y} = b_0 + \sum_{k=1}^p b_k \bar{x}_k \quad \dots(2)$$

\bar{x}_k 、 \bar{y} はそれぞれ x_{ik} 、 y_i の検索結果における平均値

キーワード適合性の分散値

$$\sigma(\hat{y})^2 = \sum_{i=1}^n b_k^2 \sigma(x_k)^2 + 2 \sum_{k < l} b_k b_l C_{kl} \quad \dots(3)$$

C_{kl} は、その画像群の特徴量要素 x_{ik} の分散共分散行列。

$\sigma(x_k)^2 = C_{kk}$

解説

GA0005-04

類似画像検索における 検索結果の可視化インタフェース 可視化軸としてキーワードを用いる方法

(株)日立製作所

武者 義則・広池 敦

はじめに

近年、データベースのマルチメディア化が進み、画像コンテンツビジネスが盛んになるにつれ、コンテンツ業者の画像保有量は膨大となってきた。更に、誰でもWWW上にホームページが公開できるようになると、ページデザインの元となる画像をうまく選び出したいという要求が現れてきた。このような背景の下で、画像自体の類似性に基づく画像検索システムの研究が盛んに行われている。従来、ユーザの検索意図をシステムへ反映し、検索精度を高める研究が多く行われてきたが、ユーザの検索意図自体の曖昧性も大きな問題となっている。その場合、通常、ユーザはなるべく多くの画像を見てピンとくる画像を見つけないと考えるだろう。つまり、類似画像検索システムにとって、多くの画像をユーザへ提供することで、ユーザの曖昧な検索意図を明確化し、ユーザの試行錯誤を支援する機能が重要である。

以上の観点から、我々は、新情報処理開発機構(RWC)の委託研究として、類似画像検索の結果を可視化表示する画像検索システムの開発に力を入れてきた。できるだけ多くの画像および検索された画像群の多様な類似性をユーザに提供し、ユーザ支援することが目的である。これまで我々が開発したシステムは、検索結果の画像群内の違いを表現するよう

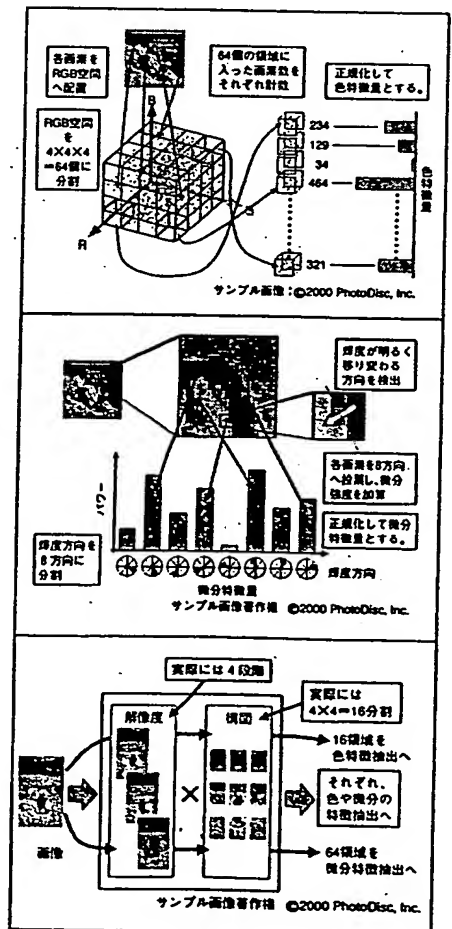
に、可視化軸を自動的に構成し、2次元空間上の縮小画像の散布図として²⁾、あるいは3次元空間の時空間パターンとして¹⁾、その画像群を可視化表現する機能を持っていた。ところが、このように構成される可視化軸は、必ずしも人に理解しやすいとは限らない。特に、前者の2次元散布図のシステムは、複数の可視化軸候補からユーザが2つの軸を選択するというインタフェースを持っていたが、ユーザへ可視化軸を選ぶ動機付けが与えにくいという問題があった。だからこそ、ユーザが積極的に可視化軸を選択できる意味的な軸の導入に大きな意義が存在する。また、画像間の多様な類似性を提示するという我々の目的からも、意味的な指標による可視化には大きな意義がある。従って、検索結果の画像群内の違いを表現するように、可視化軸候補を意味的な軸から自動的に選択してユーザへ提供し、散布図として表現する検索システムの開発を行うこととなった³⁾。本稿では、このシステムについて報告する。

類似画像検索

類似画像検索は、画像の類似性を表現する画像特徴量ベクトルを画像から抽出し、そのベクトル同士の距離において、キー画像から近い画像を収集することで実現する。本システムでは、検索キー画像として複数の画像を使うことができ、特徴量ベクトルの重心で検索を行う。こ

れにより、複数の検索キー画像の異なる性質を兼ね備えた画像の検索や、類似した性質を強調した検索が期待される。

また画像特徴量として、色と微分方向を用いた(第1図)。色特徴量はRGB空間を64個の領域に量子化して、また微分



第1図 特徴量の抽出方法

代表キーワードの推定 (Ⅱ) は、キーワード適合性の高いキーワードを選ぶことにより実現するが、式(1)が線形であるため、画像特徴量の平均においてキーワード適合性の高いキーワードを選ぶことに等しい (式(2))。これにより計算の高速化が可能である。同様に、可視化キーワードの推定 (Ⅲ) も、画像特徴量の分散共分散行列を求めてから、各キーワードの適合性を推定することにより高速化ができる (式(3))。

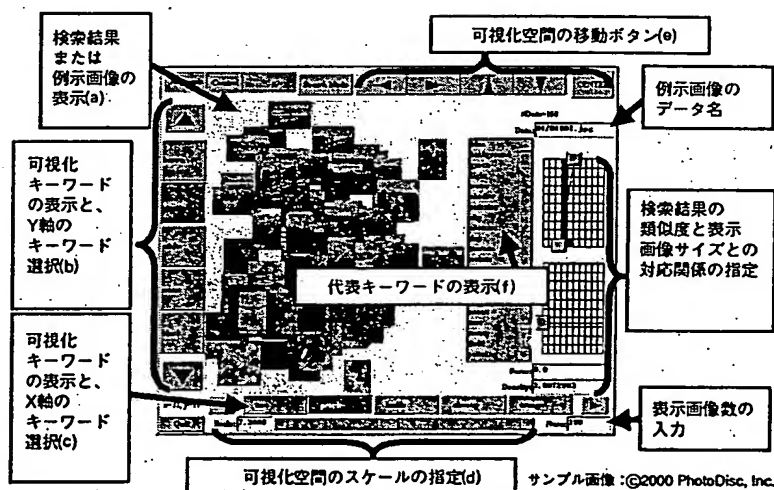
本システムは、サーバとクライアントによって構成され、サーバでは画像検索および統計処理などの数値計算を行う。クライアントはJAVA™で記述され、主にユーザインタフェースとして画像やキーワードの提示とユーザの操作をサーバに伝える機能を持つ。本システムの2次元可視化インタフェース（第6図）には、主に以下の(a)~(f)の機能がある。

(d)は、スクロールバーの連続的な操作

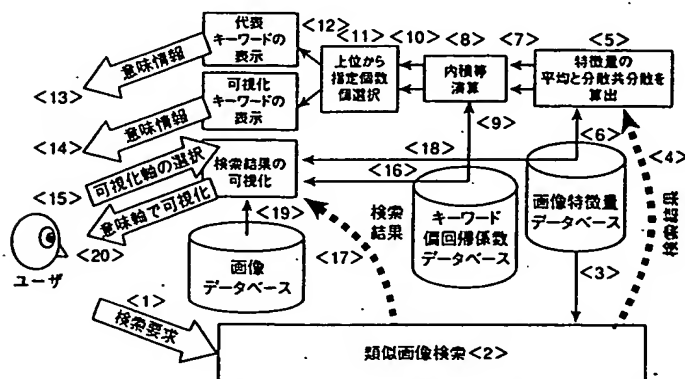
(e)は、可視化空間を移動する機能である。(d)の拡大縮小機能と組み合わせると表示画像群の任意の領域に焦点を当てて詳細構造を見ることができる。

(f)は、検索結果の画像群を代表するキーワード（代表キーワード）をユーザへ提示する機能である（Ⅱ）。あらかじめ登録されているキーワードの中から、画像群の適合性の合計が高いものが選ばれ、ユーザに提示される。

本インタフェースを実現するシステム内のデータの流れを第7図に示す。まず、登録するキーワード毎に学習し、あらかじめキーワード偏回帰係数データベースを作成しておく。ユーザからの検索要求<1>に従って類似画像検索<2>を行うと、画像特徴量データベースをスキャン<3>して検索結果<4>を出力する。その検索結果に対応する画像特徴量<6>から平均値と分散共分散行列が計算される<5>。キーワード偏回帰係数データベースからキーワード1個分の偏回帰係数を取り出し<9>、画像特徴



第6図 2次元可視化インタフェース



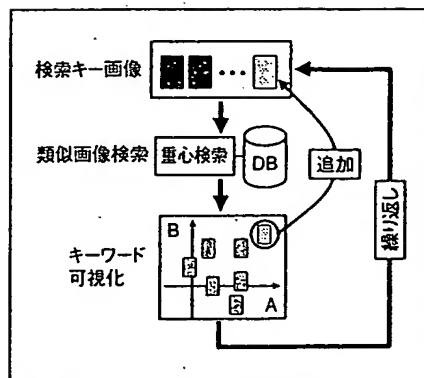
第7図 データの流れ

量の平均値と分散共分散行列 $\langle 7 \rangle$ を使って式(2)(3)の演算を行い、キーワード推定値の平均値と分散値を出力する $\langle 10 \rangle$ 。これを全てのキーワードについて繰り返し、最大値から上位指定個数だけキーワードをそれぞれ選択する $\langle 11 \rangle$ 。平均値の大きなキーワードは代表キーワード、分散値の大きなキーワードは可視化キーワードである $\langle 12 \rangle$ 。それぞれをユーザに提示することで、意味情報をユーザに提供する $\langle 13, 14 \rangle$ 。可視化キーワード $\langle 14 \rangle$ からユーザがX軸、Y軸として、それぞれキーワードを選択すると $\langle 15 \rangle$ 、そのキーワードの偏回帰係数 $\langle 16 \rangle$ と検索結果 $\langle 17 \rangle$ の画像特徴量 $\langle 18 \rangle$ から式(1)が計算され、その値を座標値として画像 $\langle 19 \rangle$ を配置する。こうしてキーワードによって可視化された画像群がユーザへ提供される $\langle 20 \rangle$ 。

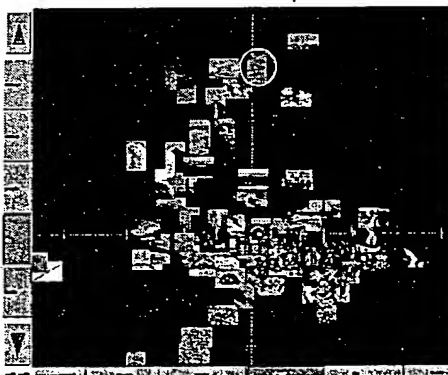
類似画像検索システムの動作例

第8図(a)は、本システムでの典型的な操作方法を示している。検索キー画像が複数あると特徴量の重心を求め、それを検索キーとして類似画像検索を行う。検索結果はキーワードによって可視化され、特に第一象限の右上方向ほど、キーワードAとBを兼ね備えた画像が集まる傾向を示す。ユーザは画像を確かめながら選択し、それが検索キー画像として追加される。次の検索は、追加した画像により更新された重心で行われる。

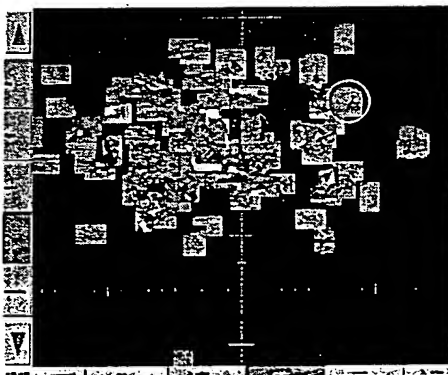
第8図(b)~(f)は、実際の一動作例を示している。全てX軸に“people”、Y軸に“sky”を選択している。(b)はデータベースの先頭から100件を取り出し可視化した図である。白丸の画像は、雲の写った空の写真である。これを検索キーに追加して検索した結果が(c)である。第一象限には空と人の写った画像が集まる傾向があるので、そこから画像を更に追加し(白丸)、検索をして(d)を得た。同様に、繰り返した結果が(e)(f)である。



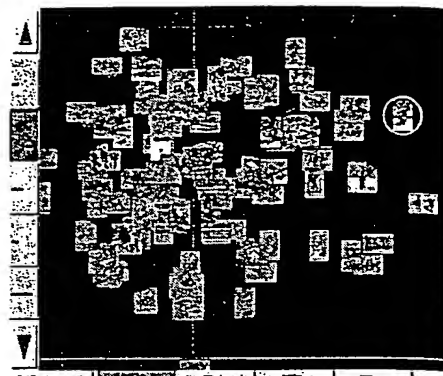
(a)



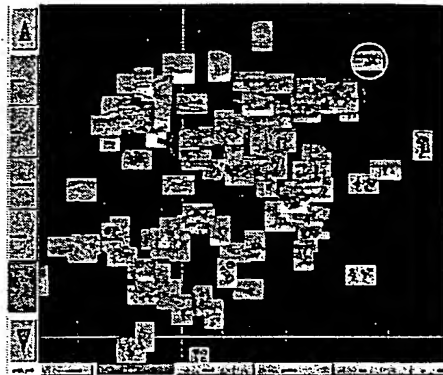
(b)



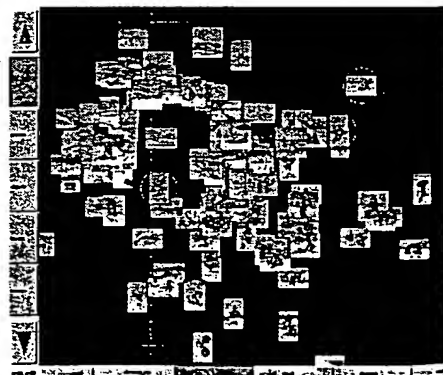
(c)



(d)



(e)



(f)

第8図 類似画像検索システムの動作例

検索結果をキーワードで可視化することにより次の検索キーの選定を支援しており、検索結果全体に空と人を含んだ画像が多くなってゆく。その画像数を目視で確認した結果、検索キー画像を除くと(a)は0個、(b)は15個、(c)は20個、(d)は34個、(e)は45個であった。複数検索キーによる画像検索とキーワードによる可視化がインタフェースとしてうまく機能

し、インタラクションを支援している。

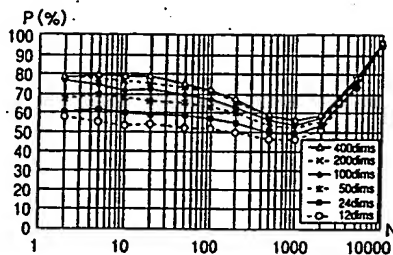
キーワード適合性の推定実験

重回帰分析による推定は線形処理なので高速処理が可能な反面、例えば排他的論理和のように、本質的に推定できないキーワードも存在すると思われる。そこ

で、実際上のキーワード適合性の推定に対する性能を評価した。

キーワードが付属している画像コンテンツとして、PhotoDisc社の24,728枚の画像を用い、12, 24, 50, 100, 200, 400次元の特徴量データベースを作成した。更に、画像データベースを2分し、奇数番目をキーワード学習に用い、偶数番目を評価に用いた。1画像あたり約20個あまりのフリーキーワードが添付されており、その総数は21,637個であるが、学習データと評価データの両方の画像に付いているキーワードは10,700個である。

精度よい可視化のためには、キーワード適合性が、なるべく多くの画像で正しく推定されるべきである。そこで、正しく推定された画像の多さを評価するために、以下のような評価方法をとった。全画像について、1つのキーワードの推定値を求めてソートしておき、そのキーワードが添付された複数の画像が、1位～N位 (N=2, 5, 10, 20, ..., 10000) の中に含まれる個数を計測する。1位～N位の中に実際に含まれていた正解画像数を、その中で可能な最大個数に対する比率で評価する。本システムでは、画像群の可視化を行うためのキーワードを、適合性の分散が大きなものから選ばせるようになっているため、特に全画像群におけるキーワード推定値の分散が大きな50キーワードについて平均し評価を行った。第9図が評価結果である。20位以内において、特徴量400次元で精度が約78%、特徴量100次元で71%以上となっている。特徴量次元が増えるに従って、推定精度



第9図 キーワード適合性推定の評価

が向上しているが、特徴量次元数の増大に対して精度の上がり幅が頭打ちになっていることが分かる。また、正解とみなすしきい順位Nを増大させたとき、1000位あたりで一旦精度が減少するのは、上位に推定される画像と、かなり下位まで正解基準を下げないと正解にならない画像が存在することを意味している。

ところで、この評価方法は、データベース全体の画像に対して評価を行っており、類似画像の結果の画像群に対する評価を直接示してはいないが、キーワード適合性の推定精度の目安を与えるものと考えられる。

おわりに

類似画像検索のためのユーザインタフェースとして、可視化軸にキーワードを使うシステムの報告を行った。このシステムでは、検索の結果得られた画像に対して、ダイナミックに可視化軸および代表キーワードの候補をユーザへ提示し、ユーザが選んだ可視化軸のキーワードに従って、2次元散布図として検索結果を

表現する。キーワードは画像特徴量から推定されるため、配置される個々の画像データはテキスト情報を持つ必要がない。今回、処理の高速化のために重回帰分析を使用した。今後、キーワード適合性の推定性能向上が必要である。

また、本システムは、画像群を出力する任意の検索システムに適用可能であり、汎用性が高いと考えられる。コンテンツビジネスにおける画像購入支援ばかりでなく、個人ユースとしてユーザ自身が保有している画像の検索にも効果的であると考えられる。

なお、本研究は新情報処理開発機構(RWC)の委託研究として行われたものである。

参考文献

- 1) A. Hiroike, Y. Musha, A. Sugimoto, and Y. Mori: Visualization of information spaces to retrieve and browse image data, Third International Conference on Visual Information Systems, pp. 155-162, 1999
- 2) 武者, 広池, 杉本: 類似画像検索における特徴量空間の可視化インタフェース, 信学論, J82-D-II, 10, pp. 1626-1633, 1999
- 3) 武者, 広池: 意味を表現する空間上に検索結果の画像群を表示する可視化インタフェース, IPSJ Symposium Series (インタラクション2000論文集), vol.2000, No.4, pp. 205-212, 2000

【筆者紹介】

武者義則・広池 敦

㈱日立製作所 中央研究所
マルチメディアシステム研究部
〒185-8601 東京都国分寺市
東恋ヶ窪1-280

TEL: 042-323-1111 (ext. 3573)
FAX: 042-327-7776

Keyword	類似画像検索	画像に付与されたキーワードのような属性情報を用いる検索とは異なり、画像自体の類似性に基づいて行うこと。
	キーワード適合性	本稿では、ある画像に対してあるキーワードを付与することの適切さを示す指標という意味で用いている。
	可視化キーワード	本稿では、可視化を行うのに用いる、画像群内の単位を表現するキーワードを示す。2つのキーワード適合性の値を座標として小画像を配置することで可視化を行う。
	代表キーワード	本稿では、画像群全体を表現するキーワードを示す。その画像群の各画像に共通するキーワードが使われる。
情報の可視化		一般に、データの集まりを空間的に表現し、見えにくいデータの性質を直感的に把握しやすくすることを示す。本稿では特に、画像を空間的に配置することで画像の時としての性質を表現することを意味している。